

ステンレス鋼粉末の焼結技術

1. 目的

金属粉末を焼き固める焼結は複雑形状の部品加工技術として広く普及している。県内においても繊維機械など焼結により製造された部品が多く活用されている。また近年では金属粉末を用いた 3D プリンターの活用が盛んになっており、要素技術である焼結プロセスの解明が必須で、特に完全緻密体の作製が困難な 3D プリンターにおいて後処理として行われる緻密化技術が求められている。

本研究では、焼結材料として広く用いられているステンレス鋼 SUS316L 粉末を対象として、焼結過程の調査とともに、3D プリンターの後処理を想定した緻密化手法についても検討した。本年度は放電プラズマ焼結 (Spark Plasma Sintering: SPS) 装置を用いて、焼結過程の微細組織変化から緻密化挙動を定量的に評価した。

2. 実験方法

供試材料として粒径 15-45 μm の SUS316L 粉末を用いた。焼結には放電プラズマ焼結装置 (富士電波工機 (株) 製 SPS-1050) を用いた。粉末を 5g 秤量し、中空黒鉛ダイス ($\phi 50/20.5 \times 40\text{mm}$) とパンチ ($\phi 20 \times 20\text{mm}$) 内に充填した。なお黒鉛ダイス及びパンチと粉末の間には離型のためにカーボンペーパー (0.2mm 厚) を用いた。粉末を充填した黒鉛型を装置電極間に配置し加圧力を 50MPa とした。その後、チャンバー内を 10Pa 以下の真空中に排気し、加熱速度 100 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ で所定の温度まで加熱、保持してから炉冷した。なお温度測定は黒鉛型に K 型熱電対を挿入した。測定穴の深さは内壁から 1mm とした。

作製した焼結体は切断し、SEM (日本電子 (株) 製 JSM-6010LA) による組織観察を行い、空隙の面積率から相対密度を算出した。

3. 実験結果及び考察

図 1 に相対密度の変化を示す。保持時間が長くなるほど、また処理温度が高くなるほど相対密度が上昇した。ここで温度 T における緻密化の進展が粉末の塑性変形に律速される場合、相対密度 D と保持時間 t を用いた Johnson-Mehl-Avrami 型の (1) 式で表すことが出来る。さらに速度定数 K は活性化エネルギー Q を用いて (2) 式で表すことが出来る。図 2 に縦軸を $\ln(1-D)$ 、横軸を保持時間で整理した結果を示す。図 2 より近似式は良好な直線性を示しており、SUS316L 粉末の焼結は塑性変形律速であると考えられる。次に図 2 の近似直線の傾きより算出した速度

定数 K の Arrhenius プロットを図 3 に示す。これよりみかけの活性化エネルギーは 79.23kJ/mol であった。

$$\ln(1-D) = K(T) \cdot t \quad (1)$$

$$K(T) = K_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right) \quad (2)$$

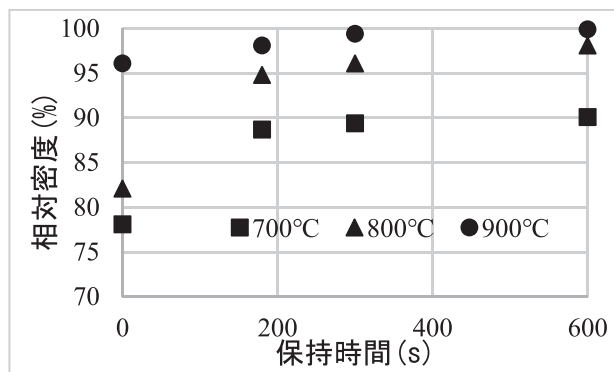


図 1 焼結条件による相対密度

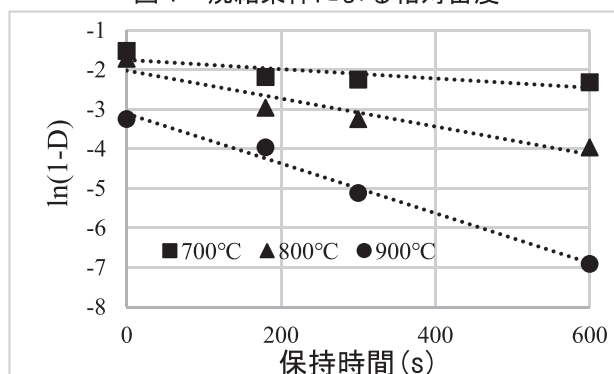


図 2 $\ln(1-D)$ プロット

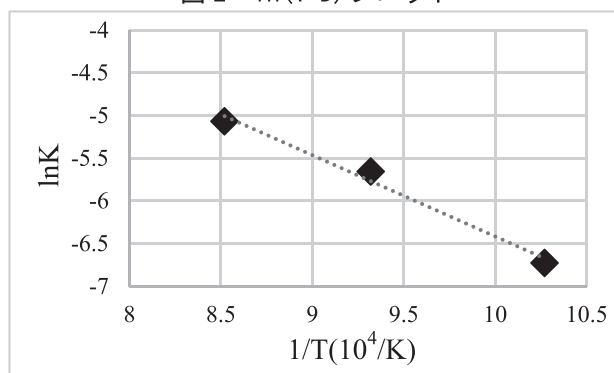


図 3 速度定数 K の Arrhenius プロット

4. まとめ

ステンレス鋼 SUS316L 粉末を用いて、放電プラズマ焼結における緻密化過程を定量的に評価し、速度定数及び活性化エネルギーを算出した。これにより得られる焼結体密度の推定が可能となった。